

ศุภกิตติ์ พรหมวิกร : การสร้างสวิตช์ความเร่งโดยวิธีการลิโธกราฟีด้วยรังสีเอ็กซ์
(FABRICATION OF ACCELERATION SWITCH USING X-RAY LITHOGRAPHY)

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. นิมิตร ชมนาวัง 117 หน้า.

ตัวตรวจรู้ความเร่งสามารถแบ่งการทำงานได้สองแบบคือ การวัดค่าความเร่งได้อย่างต่อเนื่องและสามารถทำงานเป็นสวิตช์เมื่อความเร่งมีค่าเท่ากับค่าที่ออกแบบไว้ หรือเรียกว่าสวิตช์ความเร่ง กระบวนการสร้างสวิตช์ความเร่งมีหลายวิธี เช่น การสร้างโครงสร้างจุลภาคในเนื้อวัสดุ การสร้างโครงสร้างจุลภาคบนพื้นผิวและการสร้าง โครงสร้างสัณฐานสูง ซึ่งโครงสร้างของสวิตช์ความเร่งประกอบด้วย ก้อนมวล คานสปริงและขั้วไฟฟ้า เมื่อได้รับแรงก้อนมวลเคลื่อนที่ไปสัมผัสกับขั้วไฟฟ้า การใช้รังสีเอ็กซ์เพื่อสร้างโครงสร้างมีข้อดีคือ สามารถสร้างโครงสร้างสัณฐานสูง ขนาดโครงสร้างมีความถูกต้องแม่นยำ งานวิจัยนี้ได้พัฒนากระบวนการสร้าง สวิตช์ความเร่งสองวิธี ได้แก่ วิธีแรกเป็นการชุบนิเกิลผ่านแม่พิมพ์สารไวแสงลงบนวัสดุชั้นชั่วคราว ที่มีขนาดครอบคลุม ก้อนมวลและคานสปริง การฉายรังสีเอ็กซ์ลงบน SU-8 ต้องฉายด้วยพลังงานเหมาะสม เพื่อสร้างแม่พิมพ์แล้วชุบนิเกิลด้วยไฟฟ้าจนเต็มแม่พิมพ์แล้วกัดวัสดุชั้นชั่วคราวออก ทำให้ก้อนมวลและคานแขวนลอยอยู่ในอากาศ เมื่อสร้างสวิตช์ความเร่งเสร็จแล้วได้ขนาดของก้อนมวลความกว้าง 3003 μm ยาว 2997 μm คานสปริงกว้าง 36 μm ยาว 804 μm ก้อนมวลสูง 384 μm ระยะห่างระหว่างก้อนมวลกับขั้วไฟฟ้า 51 μm เมื่อคำนวณค่าความเร่งจุดทำงานจากขนาดที่วัดจริงได้ 9.6 g เมื่อนำมาทดสอบด้วยชุดวัดความเร่ง สวิตช์ทำงานที่ความเร่ง 9.1 g กระบวนการชุบนิเกิลผ่านแม่พิมพ์สารไวแสงลงบนวัสดุชั้นชั่วคราว เป็นการสร้างโครงสร้างของสวิตช์ความเร่งบนวัสดุชั้นเสียสละ ดังนั้นจึงเป็นกระบวนการต่อเนื่อง ถ้าเกิดความผิดพลาดในขั้นตอนการสร้างสวิตช์ความเร่ง ต้องเริ่มสร้างวัสดุชั้นชั่วคราวใหม่ทุกครั้ง อีกทั้งในระหว่างกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าและการกัดแม่พิมพ์สารไวแสงด้วยพลาสมา ซึ่งต้องใช้เวลานานทำให้เกิดความร้อนสูง อาจทำฐานรองรับงานแตกร้าวได้ จึงพัฒนามาเป็นการสร้างสวิตช์ความเร่งบนฐานรองชั่วคราวเกรดไฟต์ ซึ่งเป็นการสร้างส่วนสวิตช์ความเร่งแยกส่วนกับจุดยึดตรึงแล้วนำทั้งสองส่วนมาเชื่อมต่อกันด้วยกาวเงิน ส่วนสวิตช์ความเร่งสร้างด้วยกระบวนการลิโธกราฟีด้วยรังสีเอ็กซ์ แล้วชุบนิเกิลด้วยไฟฟ้าผ่านแม่พิมพ์สารไวแสง จัดฐานรองชั่วคราวเกรดไฟต์ออกจนได้แผ่นแม่พิมพ์สารไวแสงที่ฝังโครงสร้างนิเกิลของสวิตช์ความเร่งไว้ จุดยึดตรึงสร้างด้วยกระบวนการลิโธกราฟีด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตลงบนสารไวแสงแบบแห้งบนแผ่นวงจรพิมพ์ แล้วกัดทองแดงบนแผ่นวงจรพิมพ์ออกแล้วเชื่อมต่อแผ่นแม่พิมพ์สารไวแสงกับจุดยึดตรึงด้วยกาวเงิน สกัดแม่พิมพ์สารไวแสงด้วย พลาสมาออก แล้วได้สวิตช์ความเร่งมีขนาด ก้อนมวลกว้าง 3016 μm ยาว 3009 μm คานสปริงกว้าง 41 μm ยาว 796 μm ระยะห่างระหว่างก้อนมวลกับขั้วไฟฟ้า 20 μm สูง 368 μm เมื่อนำขนาดโครงสร้างมาคำนวณหาค่า

ความเร่งได้ 5.6 g แล้วนำมาทดสอบจริงได้ค่า 4.4 g ซึ่งกระบวนการนี้ใช้ระยะเวลาการสกัดแม่พิมพ์
สารไวแสงด้วยพลาสติกน้อยกว่ากระบวนการชุบนิเกิลผ่านแม่พิมพ์สารไวแสงลงบนวัสดุชั้น
ชั่วคราว เนื่องจากแผ่นแม่พิมพ์สารไวแสงถูกยกให้ลอย จึงสามารถสกัดสารไวแสงได้ทั้งสองด้าน
พร้อมกัน ทำให้ลดระยะเวลาการสกัดและลดปัญหาการแตกร้าวของฐานรองได้ อีกทั้งกระบวนการ
สร้างยังแบ่งเป็นสองส่วน เมื่อเกิดความผิดพลาดในการสร้างโครงสร้างสวิตช์ความเร่ง ก็สามารถ
สร้างชิ้นใหม่ได้โดยไม่จำเป็นต้องสร้างชุดยึดตรึงใหม่ทุกครั้งทำให้ประหยัดเวลาการสร้างลงได้
และกระบวนการนี้ยังสามารถสร้างสวิตช์ความเร่งที่มีจุดทำงานใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบไว้



SUPPAKIT PROMWIKORN : FABRICATION OF ACCELERATION
SWITCH USING X-RAY LITHOGRAPHY. THESIS ADVISOR :
NIMIT CHOMNAWANG, Ph.D., 117 PP.

MEMS/MICROSWITCH/X-RAY LITHOGRAPHY

Accelerometer has been divided into two types. The first one is the sensor that measures acceleration continuously, and the other is acceleration switch which operates at a specific value. Many techniques were used to fabricate an acceleration switch such as bulk micromachining, surface micromachining on silicon wafer. Generally, an acceleration switch has a proof mass that is suspended by a fixed-end spring. A force at a specific acceleration displaces the proof mass from its original position toward a fixed electrode nearby, resulting in an electrical connection. However, many disadvantages of micromachining techniques make them difficult to apply for low cost device. With the advantages of X-ray irradiation such as high energy and excellent accuracy of pattern transfer, many applications are utilized via X-ray lithography to produce high aspect ratio microstructures. This thesis concentrates on fabrication of threshold switches with specific acceleration based on proof-mass actuation. Two processes to fabricate a suspended proof mass are proposed. Sacrificial releasing is the first process based on nickel electroplating inside an X-ray photoresist mold on top of a copper sacrificial layer. Then, the SU-8 photoresist mold is removed by plasma of O_2/CF_4 resulting in a suspended proof mass and two fixed electrodes on each side. The proof mass of $3003\ \mu m \times 2997\ \mu m$ is suspended by a straight beam with a width of $36\ \mu m$ and a length of $804\ \mu m$. The proof mass and electrode are separated by a distance of $51\ \mu m$ and the thickness

of the structure is 384 μm . From experimental results, this fabricated switch can be activated at 9.6 g while the mathematic models predicts an activation at 9.1 g. Disadvantages of this process include long-time releasing of sacrificial layer, SU-8 photoresist mold and damage of the substrate due to long duration of high temperature plasma etching. To avoid these problems, a novel process is proposed. In this technique, the Ni structures of acceleration switch are fabricated on a sacrificial graphite substrate. After removal of the graphite substrate by mechanical polishing a slab of SU-8 photoresist with embedded Ni structures of acceleration switch is obtained. This slab of SU-8 is bonded using silver glue into a PCB substrate where three anchors made of copper have been pre-fabricated. SU-8 is then removed by plasma etching resulting in an acceleration switch with a suspended proof mass of $3016 \mu\text{m} \times 3009 \mu\text{m}$, a straight beam of 41 μm wide 796 μm long. The gap between the proof mass and electrode is 20 μm and the thickness of acceleration switch is 368 μm . This sensor can operate at acceleration of 4.4 g while the mathematic model predicts a value of 5.6 g. Since the plasma of O_2/CF_4 can etch SU-8 photoresist from both upper and lower sides, removal time of SU-8 slab is about the half of that in previous process. Hence, the substrate is in a lower temperature with a shorter period of time. No damage on the substrate has been observed.

School of Electrical Engineering

Academic Year 2009

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____